

# ©ALGORITMA GENETIK UNTUK MENINGKATKAN KINERJA MODEL TANGKI STANDAR PADA ANALISA TRANSFORMASI DATA HUJAN MENJADI DATA ALIRAN SUNGAI

Sulianto

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik - Univ. Muhammadiyah Malang  
Kampus III, Jl. Tlogomas No. 246 Telp. (0341) 464318-319 Pes. 130 Fax. (0341) 460435

## ABSTRACT

Fundamental weakness of the tank model application is so much value parameters must first be defined simultaneously before the model was applied. This condition causes tank models are considered not efficient to solve practical problems. This research is an attempt to improve the performance of Standard Tank Model that can be applied more effectively, especially for the transformation of climate data into the stream data. The discussion focused on efforts to complete the system of equations in standard tank model using genetic algorithms for optimization parameters, so that the resulting equation system can determine the appropriate model parameters automatically at a watershed in the study. Standard tank model is a system composed tank 4 series and has 17 parameters. Results of research on the Konto Watershed and the Lekso Watershed show that Standard Tank Model-based Genetic Algorithm can present relationships very well climate data and streams data. At the maximum generation value of 500 obtained root mean square error (RMSE) of 0.241 m<sup>3</sup>/sec for the Konto Watershed and the Lekso Watershed of 0.30 m<sup>3</sup>/sec.

Keywords: genetic algorithm, a standard tank model, optimization, parameters

## PENDAHULUAN

Terdapat 2 jenis pemodelan yang umum dipakai untuk transformasi variabel iklim menjadi variabel aliran sungai, yaitu model data driven dan model konseptual. Model data driven dibangun tanpa melibatkan hukum-hukum fisik pada proses terjadinya hujan menjadi aliran tetapi hanya didasarkan pada hubungan statistik perilaku variabel input yang terukur (iklim dan karakteristik fisik DAS) dengan variabel outputnya (aliran sungai). Kelemahan mendasar dari model ini adalah diperlukan seri data yang panjang pada proses pembelajarannya, dan sifatnya yang sangat terbatas dalam implementasinya baik ditinjau pada dimensi ruang maupun waktu. Model konseptual meninjau proses secara fisik terjadinya aliran sesuai konsep daur hidrologi sehingga sistem persamaan yang dihasilkan dapat diimplementasikan pada dimensi yang lebih luas. Kebutuhan seri data iklim dan aliran pada penerapan model ini hanya digunakan untuk menetapkan nilai parameter-parameternya sehingga tidak memerlukan seri yang panjang.

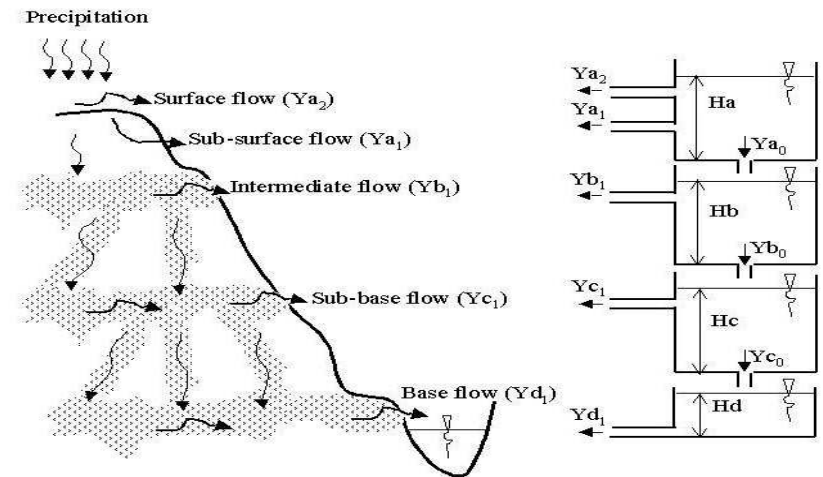
Semua model konseptual pada dasarnya dikembangkan dari konsep dasar yang sama, yaitu daur hidrologi. Hal yang membedakan antara satu model dengan yang lainnya adalah cara melakukan interpretasi terhadap proses mulai terjadinya hujan sampai menjadi aliran. Model Tangki oleh SUGAWARA merupakan salah satu model yang dianggap representatif untuk mempresentasikan hubungan curah hujan dengan aliran sungai. Kelemahan dari penerapan model ini adalah pada banyaknya parameter yang harus ditentukan terlebih dulu secara simultan sebelum model tersebut diimplementasikan. Penentuan nilai parameter yang demikian besar (lebih dari 10 parameter) secara simultan bukan pekerjaan yang mudah. Bila nilai setiap parameter bersifat kontinue dan penentuannya dilakukan dengan cara coba-coba maka akan memerlukan proses yang sangat panjang dan melelahkan.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja Model Tangki yang dilakukan dengan memasukkan proses optimasi parameter-

parameternya dengan memanfaatkan kelebihan Algoritma Genetik (AG). AG merupakan salah satu metode yang cukup handal untuk pencarian parameter-parameter optimal. Keuntungan utama penggunaan AG adalah kemudahan implementasinya dan kemampuannya untuk menemukan solusi "bagus" (bisa diterima) secara cepat terutama untuk masalah-masalah yang berdimensi tinggi. Dengan demikian

Model Tangki dapat diterapkan lebih praktis dan dapat memberikan kinerja yang lebih baik.

Model Tangki yang dipecahkan dalam penelitian ini adalah Model Tangki Standar, dimana sebuah daerah aliran sungai didekati dengan menggunakan 4 (empat) buah tangki yang disusun secara seri seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konsep Model Tangki Standar

Outflow dari tangki pertama mempresentasikan aliran run off dan sub surface flow, tangki ke dua mempresentasikan intermediate flow, tangki ketiga mempresentasikan sub-base flow dan tangki ke empat mempresentasikan baseflow. Total aliran pada sungai merupakan jumlah dari aliran-aliran tersebut. Pada susunan 4 tangki seri mengandung sebanyak 16 parameter model yang harus ditetapkan terlebih dulu sebelum diimplementasikan, yaitu ; tinggi tampungan awal tangki (SA0, SB0, SC0, SD0), koefisien lubang tangki (CcA0, CcA1, CcA2 untuk Tangki A ; CcB0, CcB1 untuk Tangki B ; CcC0, CcC1 untuk Tangki C ; dan CcD1 untuk Tangki D), dan kedudukan lubang tangki (Ha1, Ha2, Hb dan Hc).

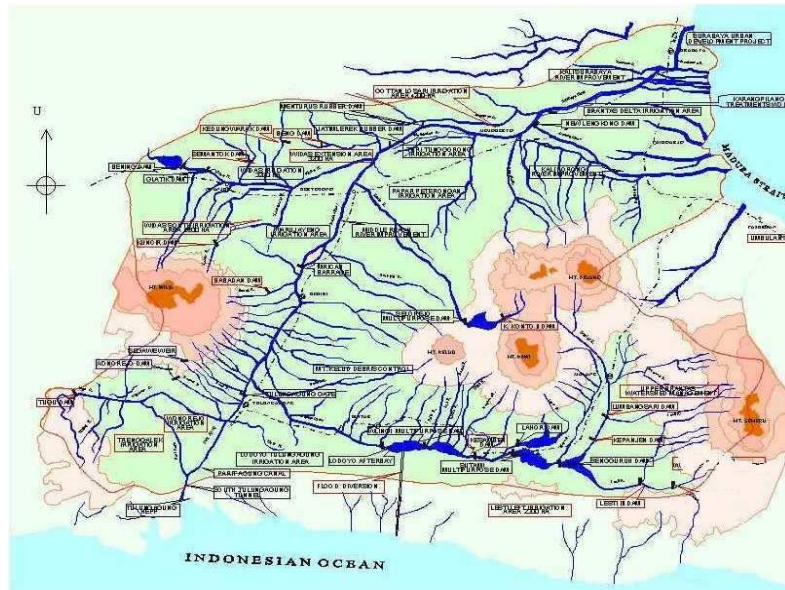
Penerapan Algoritma Genetik pada pemecahan kasus ini pada dasarnya merupakan proses optimasi untuk memperoleh nilai parameter optimal dengan fungsi sasaran minimize pada simpangan data aliran amatan dan hasil model. Implementasi algoritma

dalam bahasa program M-FILE dari MATLAB 7.0 dibagi menjadi 8 sub program, yaitu program utama, dekodekan kromosom, evaluasi individu, inialisasi populasi, linier fitness ranking, mutasi, pindah silang dan roulettwheel. Semua sub program tersebut merupakan bagian dari aplikasi Algoritma Genetik standar kecuali pada sub program evaluasi individu. Sub program evaluasi individu berisi tentang perhitungan aplikasi Model Tangki Standar beserta evaluasi indikator kinerjanya yang merupakan nilai fitness dari proses perhitungan dalam Algoritma Genetik.

## METODELOGI PENELITIAN

Obyek penelitian adalah DAS Konto pada titik kontrol Waduk Selorejo dan DAS Lekso pada titik kontrol Waduk Lahor di Kabupaten Malang. Kedudukan kedua waduk tersebut dalam Satuan

Wilayah Sungai Brantas ditunjukkan pada Gambar 2. memiliki luas 160 Km<sup>2</sup>. DAS Konto memiliki luas 236 Km<sup>2</sup> dan DAS Lekso



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Hidroklimatologi

#### Evapotranspirasi

Data evapotranspirasi diperoleh dari transformasi data iklim yang tercatat pada stasiun klimatologi Waduk Selorejo dan Waduk Lahor. Nilai evapotranspirasi cenderung fluktuatif sesuai musim pada kedua DAS yang diteliti. Evapotranspirasi yang diperoleh dari konversi data evaporasi amatan Tahun 2005 hingga Tahun 2007 pada kedua DAS yang diteliti ditunjukkan Gambar 3 dan Gambar 4. Pada DAS Konto, nilai evapotranspirasi rata-rata sebesar 51.71 mm/10 hari, minimum 32.19 mm/10 hari dan maksimum sebesar 70.85 mm/10 hari. Sedangkan pada DAS Lekso, nilai evapotranspirasi rata-rata sebesar 47.85 mm/10 hari, minimum 30.56 mm/10 hari dan maksimum sebesar 67.67 mm/10 hari.

#### Curah hujan

Data curah hujan untuk keperluan analisis adalah curah hujan rerata daerah. Curah hujan rerata daerah dihitung dengan menggunakan metode rata-rata aljabar dengan masukan data hujan titik (*point rainfall*). Data hujan titik adalah data curah hujan yang terukur pada setiap stasiun penakar hujan. Pada DAS Konto data curah hujan titik yang dilibatkan dalam analisis ini berasal dari Stasiun Pujon, Stasiun Selorejo dan Stasiun Wlingi sedangkan pada DAS Lekso menggunakan data curah hujan titik dari Stasiun Sengguruh, Stasiun Sutami dan Stasiun Tangkil. Nilai curah hujan yang terjadi pada kedua DAS yang diteliti sangat tergantung pada faktor musim. Hasil pencatatan Tahun 2005 sampai dengan Tahun 2007 menunjukkan musim kemarau rata-rata terjadi pada awal Bulan Mei sampai akhir Bulan Agustus. Data curah hujan 10 harian pada kedua DAS yang diteliti ditunjukkan pada Gambar 3

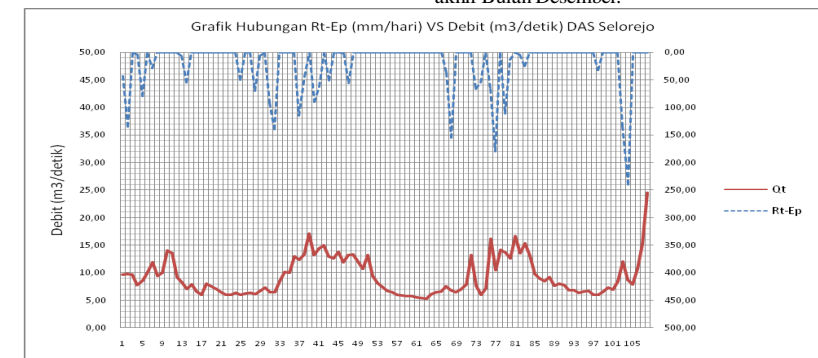
dan Gambar 4. Curah hujan tahunan rerata pada DAS Konto sebesar 1490 mm/tahun dan pada DAS Lekso sebesar 1993 mm/tahun. Pada DAS Konto curah hujan tahunan minimum sebesar 1235 mm/tahun, maksimum sebesar 1677 mm/tahun dan curah hujan 10 harian maksimum sebesar 307 mm/tahun. Pada DAS Lekso curah hujan tahunan minimum sebesar 1600 mm/tahun, maksimum sebesar 2460 mm/tahun dan curah hujan 10 harian maksimum sebesar 328 mm/tahun.

### Hidrometri

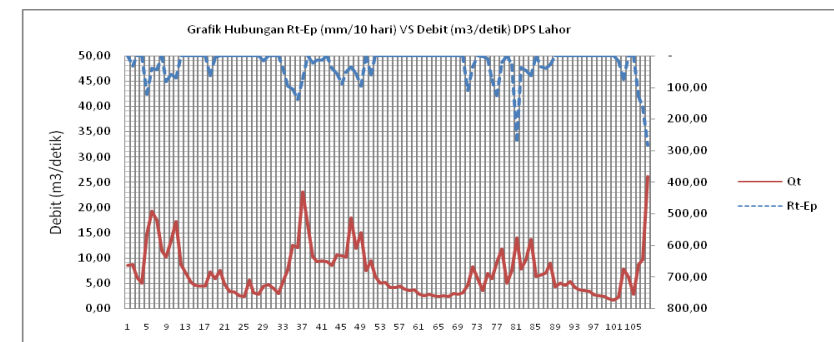
Data debit inflow Waduk Selorejo cenderung lebih besar dari debit inflow Waduk Lahor. Kondisi tersebut cukup relevan oleh karena memang DAS

Selorejo jauh lebih luas dari DAS Lahor. Hasil pencatatan debit inflow rerata 10 harian pada kedua waduk yang diteliti ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar

Dari data tersebut diketahui bahwa kedua DAS memiliki aliran dasar yang cukup besar. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kedua DAS yang diteliti masih cukup sehat. Aliran dasar ditunjukkan oleh besaran rerata debit minimum selama pencatatan, pada Waduk Selorejo sebesar 5.73 m<sup>3</sup>/detik dan pada Waduk Lahor sebesar 2.19 m<sup>3</sup>/detik. Debit maksimum terjadi pada puncak musim hujan, yaitu pada Bulan Desember dan Bulan Januari. Debit inflow maksimum pada Waduk Selorejo sebesar 24.57 m<sup>3</sup>/detik terjadi pada akhir Bulan Desember 2007 dan pada Waduk Lahor sebesar 26.18 m<sup>3</sup>/detik yang terjadi juga pada akhir Bulan Desember.



Gambar 3. Data Hidro-klimatologi DAS Konto

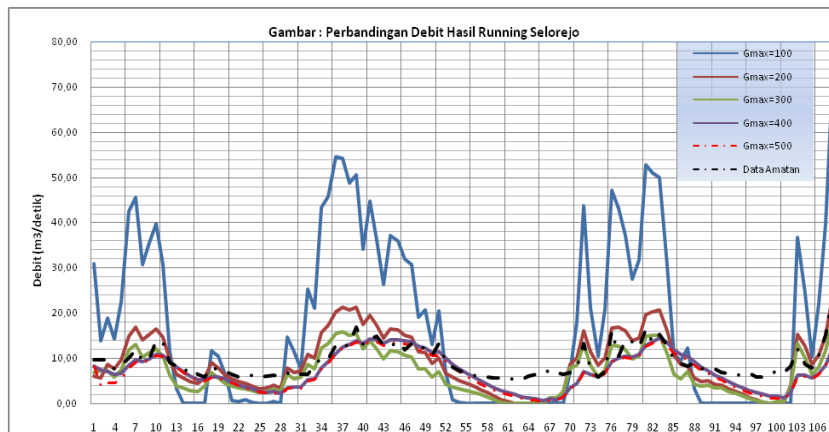


Gambar 4. Data Hidro-klimatologi DAS Lekso

## Implementasi Model Pada DAS Konto

Hasil running program dengan menggunakan masukan data iklim dan data hidrometri seperti ditunjukkan Gambar 3.1, Luas DAS Selorejo sebesar 236 Km<sup>2</sup> serta parameter algoritma genetik berupa batas bawah (Rb)=0.0 ; batas atas (Ra)=300 ; ukuran populasi (UkPop) =300; probabilitas pindah silang (Psilang)=0.8 dan probabilitas mutasi (Pmutasi) = 0.01, maka diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Gambar tersebut menunjukkan

perbandingan secara grafis antara data aliran sungai DAS Konto hasil output model dengan data amatan. Aliran dari output model ditinjau pada tiap nilai generasi maksimum 100, 200, ..., 500. Semakin besar nilai generasi maksimum cenderung memberikan kinerja semakin memuaskan, namun dalam proses mencari solusi optimum membutuhkan waktu yang relatif lebih lama. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai generasi maksimum sebesar 200 sudah cukup memberikan hasil yang memuaskan.



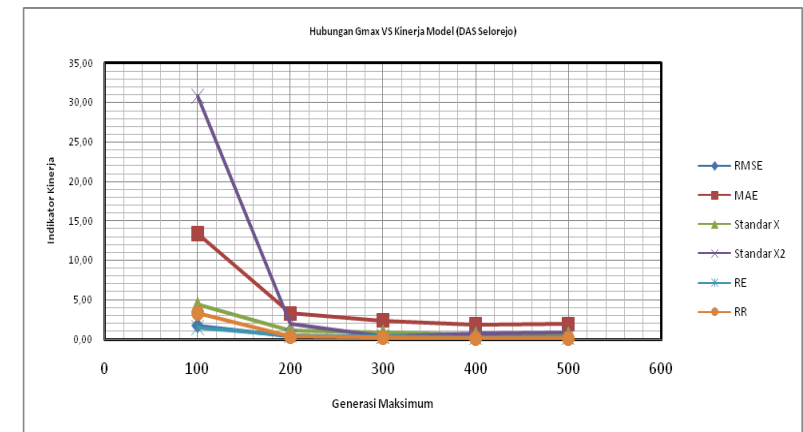
Gambar 5. Perbandingan data aliran sungai amatan dan luaran model pada DAS Konto

Performa model pada DAS Konto ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 7. Performa model yang meliputi indikator RMSE, MAE, Standar-X, Standar-X<sup>2</sup>, RE, RR dan penjumlahan dari semua indikator tersebut cenderung semakin kecil seiring meningkatnya nilai generasi maksimum. Jumlah indikator maksimum terjadi pada generasi maksimum 100 sebesar 55,140 m<sup>3</sup>/detik dan terkecil pada generasi

maksimum 400 sebesar 4,049 m<sup>3</sup>/detik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa nilai generasi maksimum 400 dapat memberikan kinerja model yang paling maksimal untuk menghasilkan nilai parameter-parameter model optimal. Kondisi optimal dicapai pada nilai fitness terbaik sebesar 0,26201 dan nilai minimum dari jumlah indikator kinerja yang diperhitungkan sebesar 3,8006 m<sup>3</sup>/detik.

Tabel 1. Indikator kinerja model pada DAS Selorejo

Gmax	RMSE	MAE	Standar X	Standar X <sup>2</sup>	RE	RR	Jumlah
100,00	1,732	13,370	4,428	30,799	1,527	3,284	55,140
200,00	0,384	3,256	1,189	2,022	0,452	0,299	7,601
300,00	0,266	2,371	0,929	0,376	0,376	0,223	4,541
400,00	0,231	1,819	0,670	0,717	0,259	0,112	3,807
500,00	0,241	1,890	0,705	0,808	0,275	0,130	4,049

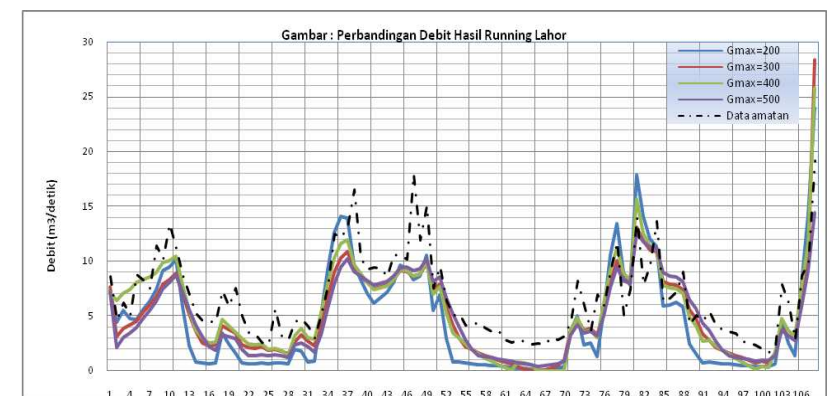


Gambar 6. Hubungan nilai generasi maksimum dengan jumlah indikator kinerja model DAS Konto

## Implementasi Model Pada DAS Lekso

Hasil running program dengan menggunakan masukan data iklim dan data hidrometri seperti ditunjukkan Gambar 8, Luas DAS Lahor sebesar 160 Km<sup>2</sup> serta parameter algoritma genetik berupa batas bawah (Rb)=0.0 ; batas atas (Ra)=300 ; ukuran populasi (UkPop) =300; probabilitas pindah silang (Psilang)=0.8 dan probabilitas mutasi (Pmutasi) = 0.01, maka diperoleh hasil seperti ditunjukkan Gambar 8. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa nilai generasi maksimum lebih besar dari 200 juga cukup memberikan hasil yang memuaskan.

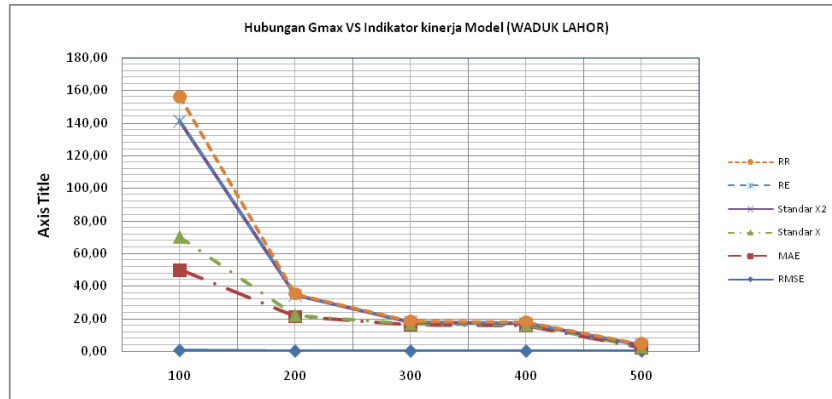
Kinerja model pada DAS Lekso ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 9. Jumlah indikator kinerja maksimum terjadi pada generasi maksimum 100 sebesar 156,32 m<sup>3</sup>/detik dan terkecil pada generasi maksimum 500 sebesar 4,51 m<sup>3</sup>/detik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa nilai generasi maksimum 500 dapat memberikan kinerja model yang maksimal untuk menghasilkan parameter-parameter model optimal. Kondisi optimal dicapai pada nilai fitness terbaik sebesar 0,22138 dan nilai minimum dari jumlah indikator kinerja yang diperhitungkan sebesar 4,51 m<sup>3</sup>/detik.



Gambar 7. Perbandingan data aliran sungai amatan dan luaran model DAS Lekso

**Tabel 2. ndikator kinerja model pada DAS Lekso**

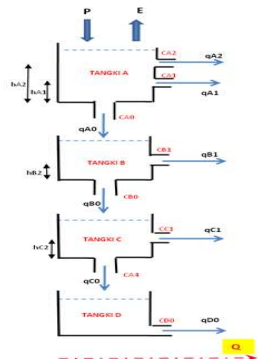
Gmax	RMSE	MAE	Standar X	Standar X <sup>2</sup>	RE	RR	Jumlah
100,00	0,66	49,33	20,25	70,62	0,95	14,42	156,23
200,00	0,28	21,15	0,91	11,98	0,47	0,32	35,12
300,00	0,26	16,13	0,67	0,82	0,37	0,31	18,56
400,00	0,23	15,44	0,69	0,81	0,39	0,28	17,83
500,00	0,30	1,80	0,71	0,97	0,37	0,35	4,51



**Gambar 8. Hubungan nilai generasi maksimum dengan jumlah indikator kinerja model DAS Lekso**

#### Nilai optimal parameter Model Tangki Standar

Nilai parameter optimal Model Tangki Standar pada DAS Konto dan DAS Lekso berdasarkan hasil running program optimasi berbasis Algoritma Genetik dapat diuraikan sebagai berikut.



**Gambar 9. Model tingkat Standat**

Model Tangki Standar DAS Konto			
hA1 = 3.5291	CC0 = 0.9779		
hA2 = 7.7266	CC1 = 0.8976		
CA0 = 0.08232	hD1 = 13.5864		
CA1 = 5.1274e-006	CD1 = 0.23541		
CA2 = 0.036667	SA0 = 52.7991		
hB1 = 164.8923	SBO = 126.3694		
CB0 = 0.0153	SC0 = 95.7609		
CB1 = 0.6446	SD0 = 120.0371		
hC1 = 282.6688			

Model Tangki Standar DAS Lekso			
hA1 = 0.78358	CC0 = 0.2518		
hA2 = 267.1987	CC1 = 0.00025149		
CA0 = 0.094696	hD1 = 192.0806		
CA1 = 0.026253	CD1 = 0.8545		
CA2 = 0.048008	SA0 = 265.1038		
hB1 = 114.5436	SBO = 21.4194		
CB0 = 0.8992	SC0 = 250.8683		
CB1 = 0.7285	SD0 = 1.998		
hC1 = 0.5921			

## KESIMPULAN DAN SARAN

- Penerapan Model Tangki berbasis Algoritma Genetik terbukti cukup handal dalam mempresentasikan hubungan antara data iklim, luas DAS dan aliran sungai. Implementasi model pada DAS Selorejo dan DAS Lahor menunjukkan indikator kinerja yang cukup memuaskan. Dengan masukan seri data iklim dan aliran amatan periode 10 harian dalam rentang Tahun 2005 ~ 2007, pada DAS Selorejo diperoleh indikator kinerja maksimum RMSE=0.231, MAE = 1.819, Standar X= 0.670, Standar X2 = 0.717, RE=0.259, RR=0.112 dan pada DAS Lahor diperoleh RMSE=0.3, MAE = 1.8, Standar X= 0.71, Standar X2 = 0.97, RE=0.37, RR=0.35. Indikator kinerja maksimal dicapai pada nilai generasi maksimum 400 pada DAS Selorejo dan 500 pada DAS Lahor. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kinerja model pada DAS Selorejo dan DAS Lahor tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.
- Nilai parameter Model Tangki standar yang optimal akan selalu berbeda untuk setiap DAS yang diteliti. Nilai-nilai tersebut sangat dipengaruhi oleh karakteristik fisik DAS dan hubungan karakteristik data iklim dan data aliran sungai yang digunakan sebagai data target.

## DAFTAR PUSTAKA

- B. Setiawan, T. Fukuda, and Y. Nakano, 2003, "Developing Procedures for Optimization of Tank Model's Parameters" yang diterbitkan oleh *Agricultural Engineering International*, the CIGR Journal of Scientific Research and Development, Manuscript LW 01 006.
- Diaz, Sulianto & Ernawan, 2009, "Penerapan Model Tangki pada sistim 3 (tiga) tangki susunan seri untuk transformasi data hujan menjadi data aliran sungai", Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, FT-UMM.
- Goldberg, DE, 1989, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley Publishing Co.

Hanselman & Littlefield, 2001, *MATLAB Bahasa Komputer Teknis*, ANDI, Yogyakarta, Indonesia

Joong H. Kim, Kyung R. Paik, Dong R. Lee and Hyung S. Kim, 2006, "Comparison of Optimization Algorithms in Parameter Calibration of Tank-Model", Jurnal ilmiah Kore Selatan.

Kusumadewi & Hartati, 2006, *NEURO-FUZZY Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*, Graha Ilmu, Yogyakarta, Indonesia.

Louis J. Sushil, 1993, *Genetic Algorithms as a Computational Tool for Design*.

Linsley, Franzini & Sasongko, 1985, *Teknik Sumber Daya Air Jilid 1*, edisi ketiga, Erlangga, Jakarta, Indonesia.

Mitchel, M, 1996, *An introduction to genetic algorithms*, MIT Press.

M. Shaw, Elizabeth, 1985, *Hydrology in Practice*, Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd.

Setiawan, Fukuda & Nakano, 2003, *Developing Procedures for Optimization of Tank Models Parameter*, The CIGR Journal of Scientific Research and Development, Manuscript LW 01 006.

Rahman & Ernawan, 2009, *Penerapan Model Tangki pada sistim 3 (tiga) tangki susunan paralel untuk transformasi data hujan menjadi data aliran sungai*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, FT-UMM.

Soemarto, CD, 1986, *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya, Indonesia.

Sri Harto, Br, 1993, *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta Indonesia.

Suyanto, 2005, *Algoritma Genetik dalam MATLAB*, ANDI, Yogyakarta, Indonesia

W Mays & Kounig Tung, 1992, *Hydrosystems Engineering and Management*, McGraw-Hill, Inc, New York, Amerika Serikat.